



# Une nouvelle perspective pour la projection à long terme des comportements d'équipement et de motorisation

Caroline Gallez

## ► To cite this version:

Caroline Gallez. Une nouvelle perspective pour la projection à long terme des comportements d'équipement et de motorisation. RTS - Recherche Transports Sécurité, 1995, 48, pp.3-14. halshs-01109425

**HAL Id: halshs-01109425**

**<https://shs.hal.science/halshs-01109425>**

Submitted on 28 Jan 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caroline GALLEZ

INRETS-DEST

2 av. du Général Malleret-Joinville  
94114 Arcueil cedex

# Une nouvelle perspective pour la projection à long terme des comportements d'équipement et de motorisation

D

ans les années cinquante, de nombreux modèles de projection du parc automobile se fondaient sur l'hypothèse d'un taux de croissance limite de l'équipement, égal à une voiture par ménage. L'essor de la seconde voiture, corollaire de la généralisation du travail des femmes, de l'étalement urbain ou de la spécialisation de l'usage des véhicules, est venu bousculer ce pronostic, et remettre en cause l'existence même d'un seuil de saturation.

Il serait sans doute plus juste de poser le problème autrement : s'il semble légitime de parler de saturation pour caractériser le ralentissement inéluctable de la progression du pourcentage de ménages motorisés, il est en revanche plus hasardeux de fixer a priori une limite à l'augmentation du taux de motorisation individuel<sup>(1)</sup>, en raison du développement du multi-équipement<sup>(2)</sup>.

Le premier enjeu des modèles de projection à long terme du parc automobile se pose donc en termes d'endogénéisation du processus de diffusion de la voiture particulière.

Par ailleurs, il est paradoxal de constater que dans certains pays, comme la Suède [Jansson, 1989], le taux de motorisation augmente y compris en période de récession du pouvoir d'achat. La croissance régulière du parc automobile semble relativement détachée des aléas qui

affectent la demande de véhicules neufs. Par exemple, l'effondrement du marché automobile en France en 1991 n'a pas entraîné de diminution du volume global de voitures particulières, mais un vieillissement du parc : les reports d'achats ont été compensés par la baisse du taux de véhicules mis au rebut.

Doit-on pour autant négliger l'impact du revenu et des prix sur l'évolution du taux de motorisation ? Ce serait nier que la diffusion rapide de la voiture particulière en Europe ait été portée par l'élévation tendancielle des niveaux de vie au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Ce serait également priver la description dynamique des phénomènes au détriment de leur explication économique, et renoncer à l'objectif de simulation des modèles. L'évaluation des effets de long terme du revenu et des prix, dans un contexte marqué par un changement important des préférences à l'égard de l'automobile, reste donc une priorité.

Le modèle démographique de projection à long terme que nous présentons dans cet article s'efforce de répondre à ces deux enjeux. Il repose sur une méthode empruntée à la démographie, l'analyse longitudinale, ou suivi du comportement de générations successives au cours de leur cycle de vie.

Après avoir démontré dans la première section l'intérêt de cette nouvelle approche, nous détaillons dans une seconde section les principes de formalisation du nouveau modèle. Enfin, dans la dernière section, nous commentons les principaux résultats obtenus pour la projection des taux d'équipement, de motorisation individuelle et du parc automobile à disposition des ménages en France à l'horizon 2010.

(1) Ou nombre moyen de voitures par adulte.

(2) Le multi-équipement désigne la possession de plusieurs véhicules par un même ménage.

# Intérêt de l'analyse longitudinale

À long terme, les facteurs démographiques influent fortement sur l'évolution des comportements économiques. La position dans le cycle de vie, notion complexe qui renvoie à un effet d'âge pur ou biologique, mais également à l'évolution de la composition des ménages, détermine et contraint les pratiques de consommation, tant collectives (au sein du ménage), qu'individuelles.

À ce premier aspect du temps, saisi sous forme d'une durée (celle qui s'est écoulée depuis la naissance), s'ajoute la notion de date, lorsque les comportements sont replacés dans un contexte historique particulier. L'analyse longitudinale permet de distinguer ces deux composantes grâce à l'introduction d'une dimension supplémentaire, celle de la génération. Après avoir décrit les principes généraux de cette méthode dans un premier paragraphe, nous en démontrerons l'intérêt dans le cadre de l'analyse des comportements de motorisation.

## Une perspective d'analyse spécifiquement dynamique

À la différence de la physique classique, qui procède à la construction de lois générales, dont la validité, à conditions initiales don-

nées, est régulièrement vérifiée, les sciences humaines ne peuvent fonder leur démarche sur une stabilité quelconque des phénomènes qu'elles décrivent. En mécanique classique par exemple, le temps ne sert qu'à mesurer ou à bomer une durée, et les résultats d'une expérience ne sont pas modifiés en fonction de la date à laquelle elle est réalisée. Dans l'appréhension des comportements ou des phénomènes sociaux, culturels, économiques en revanche, le temps doit indiquer à la fois l'instant et la durée, il prend la double forme d'un calendrier et d'un chronomètre [Masson et Strauss-Kahn, 1978].

La distinction explicite de ces deux aspects conduit à reconnaître l'absence d'homogénéité du temps. Elle repose sur l'utilisation d'une perspective d'analyse longitudinale, qui s'intéresse au suivi de cohortes d'individus, ou groupes de personnes ayant connu le même événement démographique au même moment : l'hypothèse sous-jacente est que ce vécu commun entraîne, dans la suite, des comportements proches ou au moins dignes d'être comparés [Levy, 1993]. Trois types d'effets peuvent ainsi être distingués :

- la position dans le cycle de vie indique non seulement l'influence biologique de l'âge, mais également l'importance relative des contraintes ou interactions susceptibles de modi-

fier les décisions de consommation (évolution de la taille ou de la composition du ménage, modification des contraintes institutionnelles portant par exemple sur l'âge de la retraite...),

- la génération, repérée par la période de naissance, permet de regrouper en cohortes les individus qui ont eu l'expérience d'un même contexte historique. Au-delà des divergences relatives à la position sociale des différents consommateurs, ce regroupement contribue, comme nous le verrons par la suite, à l'homogénéisation des comportements observés,

- la période d'observation enfin, mesurée par une date, souligne l'impact des variations temporaires ou tendancielles de l'environnement économique global sur les choix de l'ensemble des individus d'une population.

Chacune de ces trois dimensions est associée à un point de vue dynamique bien défini (tableau 1).

La position dans le cycle de vie et la période d'observation sont associées à une perspective synchrone, ou atemporelle, qui permet de mesurer la disparité, à une date donnée, des comportements individuels ou agrégés. Cependant, alors que les effets d'âge sont liés à la composante permanente des comportements (caractéristiques d'un certain mode de vie), les effets de période reflètent l'évolution historique, sous forme de déformations ponctuelles ou tendancielles des trajectoires de demande.

La génération, qui témoigne de la trace laissée par l'histoire, permet quant à elle de caractériser un véritable processus dynamique, un phénomène qui se déploie au cours du temps selon une certaine loi [Kessler et Masson, 1985]. Relevant donc d'un point de vue diachronique, ou temporel, elle

TABEAU 1

Typologie des effets pris en compte par l'analyse longitudinale.

	Perspective d'analyse	
	Synchrone Évaluation en coupe	Diachronique Évaluation en série
Régime permanent Le temps apparaît sous forme d'une durée	Effets d'âge (collectifs) Influence des contraintes institutionnelles, culturelles, sociales (ex : l'âge de la retraite).	Effets d'âge (individuels) Effet biologique de l'âge, influence de la position dans le cycle de vie.
Évolution historique Le temps apparaît sous forme d'une date	Effets de période Impact de l'environnement au sens large de contexte économique, politique...	Effets de génération Trace laissée par l'histoire, influence persistante du groupe, d'un passé commun.

Source : [Gallez, 1994], d'après [Kessler et Masson, 1985 : p. 290]

témoigne par ailleurs, tout comme la période d'observation, de l'évolution historique des comportements.

## Cycles de vie, générations et comportements automobiles

Nous illustrerons les avantages d'une représentation longitudinale des comportements automobiles à travers l'étude de la motorisation individuelle, en prolongeant les estimations effectuées par J.-L. Madre [1989] à partir des enquêtes de conjoncture auprès des ménages de l'INSEE.

### Du point de vue transversal...

Considérons tout d'abord le profil reporté sur la figure 1, qui décrit la valeur du taux individuel de motorisation (ou nombre moyen de voitures par adulte) en fonction de l'âge de référence du chef du ménage. Cette courbe correspond aux valeurs moyennes de motorisation pour l'année 1982, estimées d'après l'enquête de conjoncture auprès des ménages de l'INSEE.

Ce profil transversal indique une baisse très sensible du nombre moyen de voitures par adulte en fin de cycle de vie, qui pourrait être attribuée hâtivement à une démotorisation des ménages à mesure que les besoins de

mobilité diminuent. Une telle interprétation néglige cependant le fait qu'en coupe instantanée, les taux de motorisation par âge se rapportent à un ensemble de générations dont il est peu probable de supposer qu'elles puissent être caractérisées par des comportements homogènes, étant donné la rapidité avec laquelle la voiture particulière s'est diffusée à partir de la fin de la Seconde Guerre mondiale.

### ... au point de vue longitudinal

Introduisons dans la représentation précédente une nouvelle dimension, celle de la génération, repérée à partir de la période de naissance du chef de ménage, ici une décennie (voir figure 2).

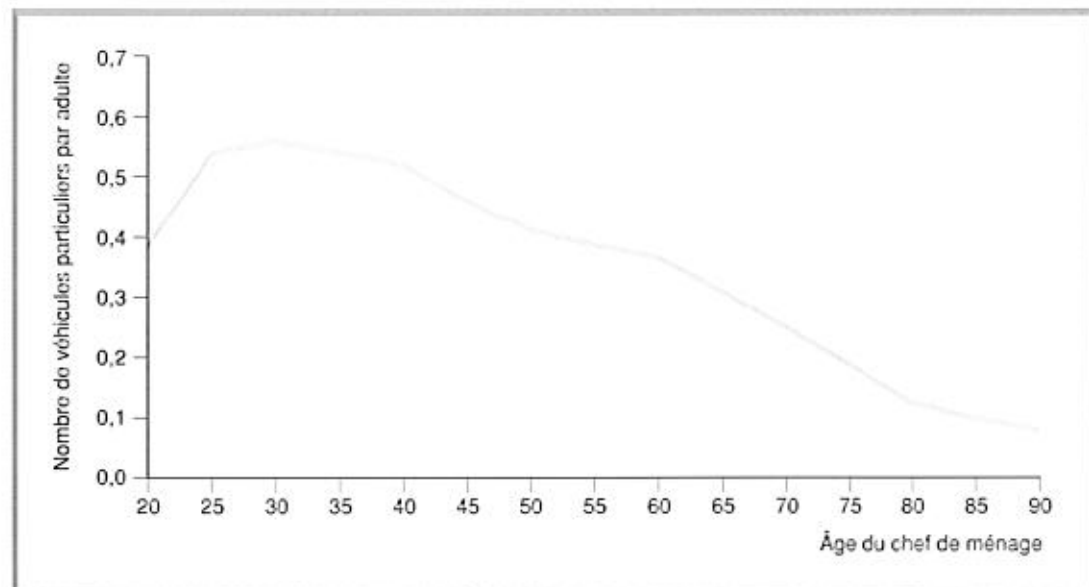


FIGURE 1

Profil de motorisation individuelle au cours du cycle de vie pour 1982.

Source : Enquête INSEE de conjoncture auprès des ménages (1982).

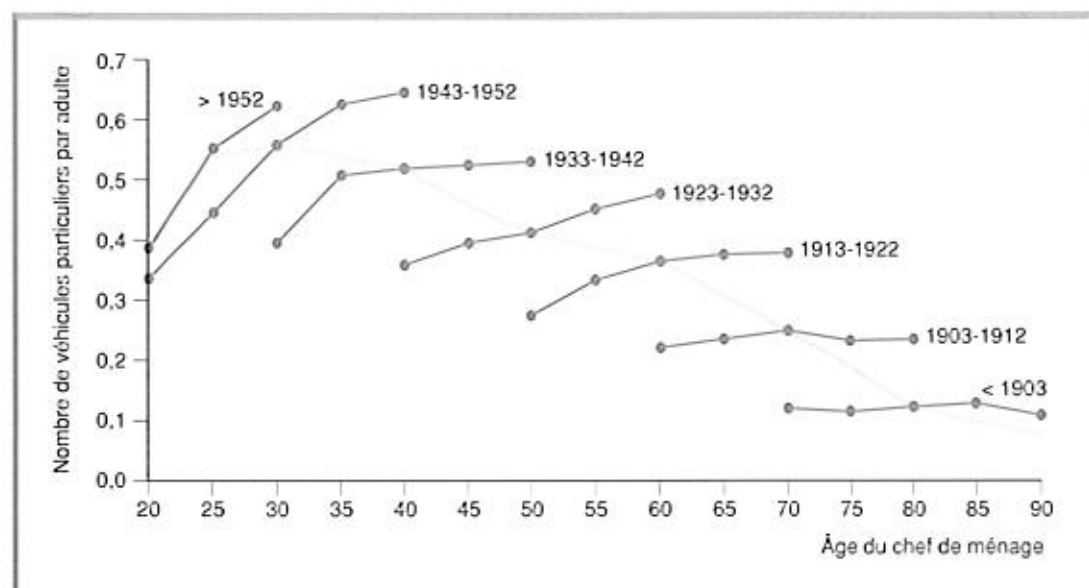


FIGURE 2

Représentation longitudinale des comportements de motorisation.

Source : Enquêtes INSEE de conjoncture auprès des ménages (1972-1992).

Les trajectoires associées aux différentes générations sont estimées à partir des données issues des enquêtes de conjoncture auprès des ménages de l'INSEE sur la période 1972-1992, et ne couvrent donc qu'une partie limitée de leur cycle de vie.

Le recouvrement des courbes de deux cohortes successives suffit cependant à souligner l'hétérogénéité dynamique des comportements, qui se mesure par l'écart entre les taux de motorisation moyens au même âge

(de la personne de référence). On note par exemple que lorsque la personne de référence est âgée de soixante ans, les ménages de la génération 1913-1922 possèdent en moyenne 0,35 voiture par adulte, contre 0,5 environ pour les ménages de la génération suivante (1923-1932).

Il est clair, d'après cette représentation, que la diminution brutale du taux de motorisation en fin de cycle de vie, observée sur le profil instantané, ne traduit pas un abandon massif de la

voiture particulière, mais provient du fait que les personnes âgées appartiennent encore à des générations qui ont été très peu motorisées.

### Quels enseignements pour le long terme ?

Deux points essentiels se dégagent de cette analyse.

- L'âge structure fortement les comportements automobiles.

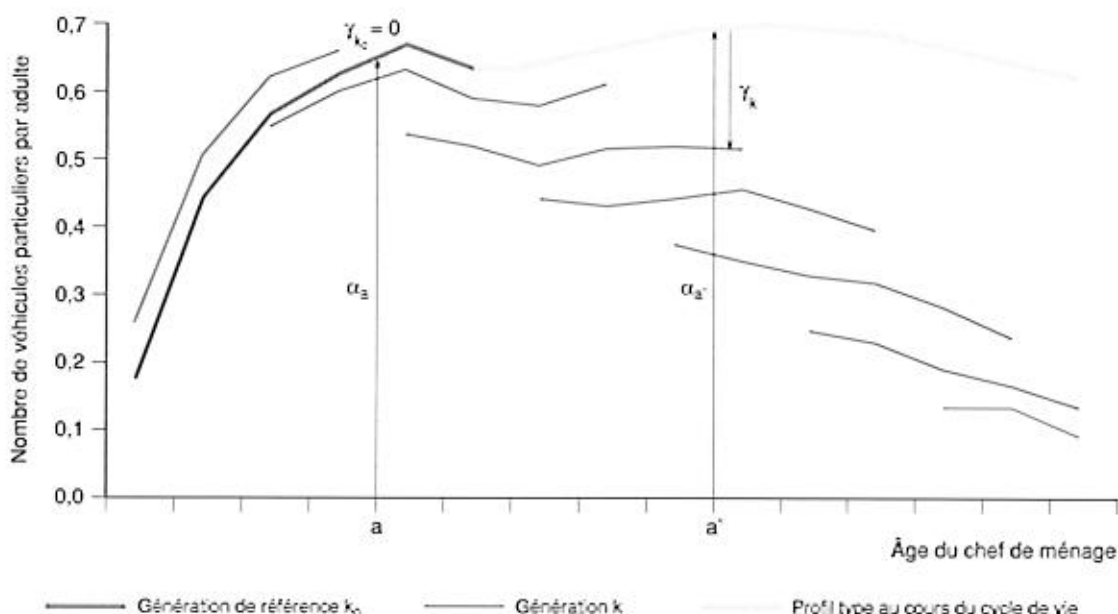
## LES EFFETS ESTIMÉS PAR UN MODÈLE ÂGE-COORTE (A C)

Le modèle Âge-Cohorte s'écrit pour un âge  $a$  et une période  $p$  :  $t_{a,p} = t_{a,k+a} = \alpha_a + \gamma_k + \varepsilon_{a,p}$   
 $\alpha_a$  exprimant l'effet dû à l'âge,  
 $\gamma_k$  exprimant l'effet dû à la génération,  
 $\varepsilon_{a,p}$  étant un terme d'erreur.

### Principe

Le modèle Âge-Cohorte repose sur le postulat selon lequel il existe un profil type de motorisation par âge : ce profil général en forme de cloche décrit l'impact de la position dans le cycle de vie.

À cette première dimension permanente des comportements est ajoutée une composante qui rend compte de l'évolution historique à travers une simple translation du profil par âge, estimée relativement à une génération de référence  $k_0$ . En d'autres termes, la trajectoire de motorisation d'une génération  $k$  quelconque est obtenue en prolongeant la trajectoire de la génération de référence  $k_0$  parallèlement au profil type calculé précédemment, puis en déplaçant cette courbe d'une distance égale à l'écart relatif  $\gamma_k$  associé à cette génération.





Il apparaît comme un substitut particulièrement intéressant pour prendre en compte l'effet de variables comme la composition du ménage ou le nombre d'actifs qui lui sont liées.

• Étant donné le remarquable parallélisme des courbes de générations, il semble légitime, à première vue, de supposer que les écarts mesurés entre deux trajectoires successives se maintiendront au cours du temps.

C'est sur ce postulat que se fon-

dent les premières projections du parc automobile en France à l'horizon 2010 effectuées par J.-L. Madre [1989]. Nous nuancerons cette appréciation par les remarques suivantes :

– d'une part, le degré d'agrégation des données tend à atténuer l'impact éventuel d'effets de période conjoncturels. Certes, la période d'observation est suffisamment longue pour que l'hypothèse de stabilité des écarts relatifs ne soit pas entièrement erronée ;

le parallélisme des courbes ne peut en effet être entièrement imputé à un effet de lissage,

– d'autre part, la stabilité des courbes n'est pas incompatible avec la présence d'effets de période tendanciel et homogènes pour l'ensemble des générations. Nous nous garderons donc ici de conclusions trop hâtives concernant l'absence d'effets du contexte économique courant sur l'évolution des taux de motorisation individuelle.

## LES EFFETS ESTIMÉS PAR UN MODELE ÂGE-PÉRIODE-COHORTE (A P C)

Le modèle Âge-Période-Cohorte s'écrit :  $t_{a,p} = t_{a,k+a} = \alpha_a + \gamma_k + \beta_p + \varepsilon_{a,p}$

$\alpha_a$  exprimant l'effet dû à l'âge,

$\gamma_k$  exprimant l'effet dû à la génération,

$\beta_p$  exprimant l'effet dû à la période,

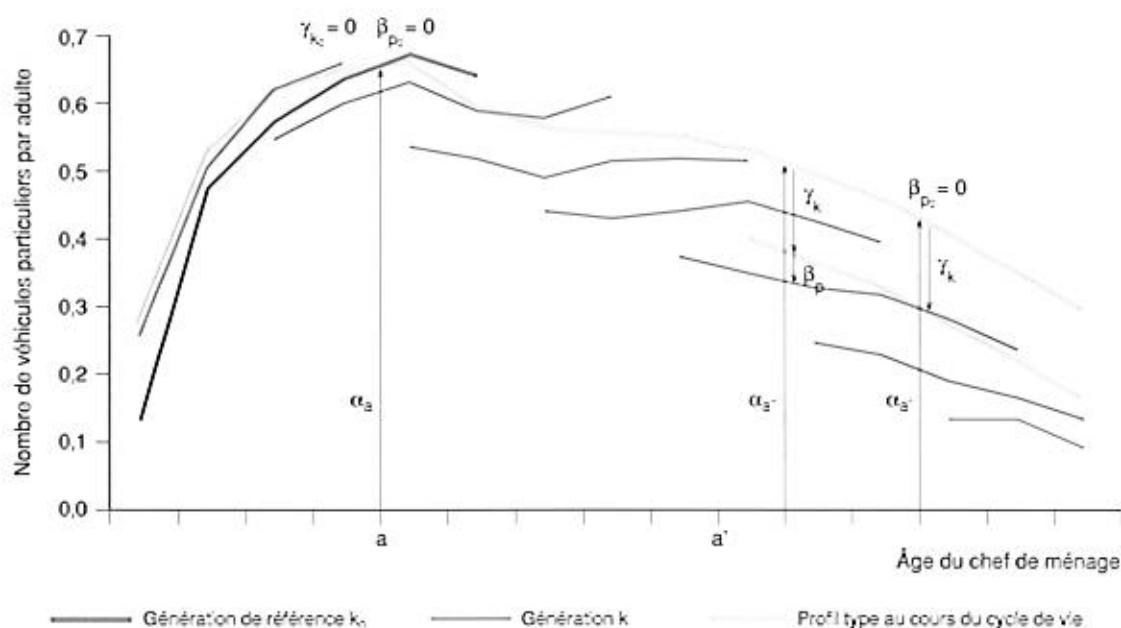
$\varepsilon_{a,p}$  étant un terme d'erreur.

### Principe

Le modèle APC explique l'évolution du profil type de motorisation au cours du cycle de vie à partir de deux mouvements complémentaires :

- un déplacement du profil standard par âge, correspondant à l'écart relatif de génération,
- une déformation le long du profil standard, indiquant l'impact de la période d'observation.

La trajectoire de motorisation de la génération de référence  $k_0$  est déterminée en ajoutant à la valeur du profil type par âge les écarts relatifs  $\beta_p$  correspondant aux périodes d'observation successives. Celle d'une génération  $k$  quelconque est calculée en translatant en outre la courbe ainsi obtenue d'une distance égale à l'écart relatif de génération  $\gamma_k$ .



# Le modèle démographique de projection du parc automobile

Le modèle de projection que nous avons formalisé sur la base de cette analyse empirique comporte deux niveaux :

- un **niveau purement démographique** permet de constituer la base de projection, la prévision du nombre de ménages en fonction de l'âge du chef,

- un **niveau socio-économique** décrit l'évolution des taux d'équipement et de motorisation au cours du cycle de vie à travers une analyse longitudinale des comportements, formalisée par un sous-modèle dit Âge-Période-Cohorte (APC).

Après avoir décrit la formalisation du modèle APC dans un premier paragraphe, nous présenterons les résultats de projection obtenus dans le cadre d'une étude prospective de l'équipement des ménages, de la motorisation individuelle et du parc automobile en France à l'horizon 2010.

## Le modèle Âge-Période-Cohorte

Le modèle APC est fréquemment utilisé pour décrire la transformation du profil moyen par âge de tel ou tel phénomène démographique, comme le taux d'activité des femmes par exemple [Michal, 1973].

Soit  $T$  une matrice de dimension  $(n_a, n_p)$  constituée des taux par âge  $a$  et par année d'observation  $p$  des indivi-

duels ou des ménages d'une population soumise à un phénomène démographique donné. On note (cf. [Fine et Fotso, 1989]) :

$$T = [t_{a,p}] \quad a \in [1, n_a] \quad p \in [1, n_p]$$

Dans cette matrice, les données correspondant aux générations, définies par l'interaction de l'âge et de la période d'observation, apparaissent en diagonale.

Le modèle APC permet de décomposer le taux observé  $t_{a,p}$  en un effet  $\alpha_a$  dû à l'âge, un effet  $\beta_p$  dû à la période d'observation et un effet  $\gamma_k$  dû à la génération :

$$t_{a,p} = \mu + \alpha_a + \beta_p + \gamma_k + \varepsilon_{a,p}$$

avec  $a \in [1, n_a]$   $p \in [1, n_p]$   $k \in [1, n_k]$  où  $\mu$  est une constante correspondant à la valeur moyenne du taux observé.

Ce type de représentation, qui consiste à décrire une variable continue à partir d'un ou de plusieurs facteurs qualitatifs à plusieurs modalités est appelée analyse de la variance.

L'écriture matricielle du modèle est obtenue en empilant ligne après ligne les observations de la matrice  $T$  :

$$t = X \cdot m + \varepsilon$$

où

$t$  est le vecteur de taille  $(n_a \cdot n_p, 1)$  construit par empilement des observations,

$X$  désigne la matrice de taille  $(n_a \cdot n_p, 1 + n)$ , avec  $n = n_a + n_p + n_k$ , constituée par la juxtaposition d'un vecteur de taille  $(n, 1)$  contenant des 1 (terme constant) et de  $n$  variables indicatrices de taille  $(n, 1)$  corres-

pondant à chacune des modalités des facteurs exogènes,

$m$  est le vecteur de taille  $(1 + n, 1)$  contenant les paramètres à estimer,

$\varepsilon$ , vecteur de taille  $(n_a \cdot n_p, 1)$ , désigne le terme d'erreur du modèle.

## Les ménages et l'automobile en France

### à l'horizon 2010

Nous appuyant sur l'absence d'influence conjoncturelle sensible de la période d'observation sur les comportements d'équipement et de motorisation des ménages, nous avons utilisé, pour le calcul des projections, un modèle simple Âge-Cohorte, ou modèle AC.

Les données utilisées, constituées par des séries annuelles détaillées selon l'âge exact du chef de ménage, sont extraites des enquêtes de conjoncture auprès des ménages de l'INSEE sur la période 1977-1992.

## Spécification du modèle Âge-Cohorte

Le choix des indicatrices associées à l'âge et à la génération de référence du chef de ménage et le pas de temps du modèle ont été déterminés en fonction des projections disponibles sur le nombre de ménages. On a donc retenu :

- un pas de temps quinquennal : la base démographique fournie par l'INSEE est décrite de cinq ans en cinq ans, sur la période 1975-2010, au 1er janvier de chaque année,

- un intervalle de cinq ans pour les tranches d'âge et les périodes de naissance : on définit ainsi quinze indicatrices d'âge (dix-huit à dix-neuf ans, vingt à vingt-quatre ans... quatre-vingt-cinq à quatre-vingt-dix ans) et dix-sept générations sur la période d'estimation (1885-1889, 1890-1894... 1965-1969).

## Mode de calcul des projections

À chaque horizon temporel  $p$ , la projection  $t_p$  de la variable endogène étudiée est estimée en agrégeant sur l'ensemble des  $n_a$  classes d'âge du chef de ménage le produit de la valeur du taux par âge  $t_{a,p}$  par le nombre de ménages correspondant  $m_{a,p}$  :

$$T = \begin{matrix} & \text{périodes} \\ & 1 & \dots & p & \dots & n_p \\ \begin{matrix} \text{âges} \\ 1 \\ \vdots \\ a \\ \vdots \\ n_a \end{matrix} & \begin{bmatrix} \ddots & & & & \\ & \ddots & & & \\ & & t_{a,p} & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & \ddots \end{bmatrix} & \begin{matrix} \vdots \\ n_k \end{matrix} \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1 \\ \dots \\ k \end{matrix} \text{ cohortes}$$

$$t_p = \sum_{a=1}^{n_a} t_{a,p} \cdot m_{a,p}$$

Par exemple, la projection  $P_p$  du parc automobile à la date  $p$  s'écrit :

$$P_p = \sum_{a=1}^{n_a} V_{a,p} \cdot A_{a,p} \cdot m_{a,p}$$

où  $V_{a,p}$  et  $A_{a,p}$  désignent respectivement le nombre moyen de voitures par adulte et le nombre moyen d'adultes par ménage pour chaque couple de modalités ( $a,p$ ).

### Hypothèses de projection

La prévision du nombre de ménages selon l'âge de la personne de référence repose en France sur deux

types d'hypothèses (cf. [Louvot, 1994]) :

- l'évolution des taux de fécondité (1,8 enfant/femme), de mortalité (diminution tendancielle des taux annuels) et le flux migratoire annuel (cinquante mille individus par an),

- l'augmentation du taux de personnes de référence par âge et sexe selon le type de ménage (poursuite modérée de la décohabitation liée à l'augmentation du nombre de séparations).

Par ailleurs, les trajectoires d'équipement, de multi-equipement, de motorisation individuelle et du nombre moyen d'adultes par ménage ont été extrapolées sur la base des principes généraux suivants (tableau 2) :

- pour les générations existantes,

on conserve le même écart, estimé relativement à la cohorte de référence,

- pour les générations qui apparaîtront au cours des vingt prochaines années, les écarts relatifs sont fixés en prolongeant les tendances observées pour les dernières cohortes. Ainsi, pour la motorisation individuelle, le rapprochement des trajectoires, qui indique un ralentissement de la croissance, est poursuivi jusqu'à l'annulation des différences entre les courbes des deux dernières générations.

### Principaux résultats

Les résultats de projection à l'horizon 2010, établis au 1er janvier de chaque année, ont été reportés dans le tableau 3.

La comparaison des estimations

TABLEAU 2

Hypothèses de projection du modèle Âge-Cohorte.

Variables	Hypothèses
Pourcentage de ménages motorisés	Égalisation des écarts relatifs pour les générations futures, avec une poursuite modérée du rebroussement observé pour la dernière génération (1965-1969).
Pourcentage de ménages multi-motorisés	Extrapolation modérée de la croissance des écarts relatifs des générations futures.
Nombre de voitures particulières par adulte	Extrapolation modérée de la croissance des écarts relatifs des générations futures, tendant vers l'identité des écarts relatifs associés aux deux dernières cohortes.
Nombre d'adultes par ménage	Extrapolation modérée de la croissance des écarts relatifs des générations futures, tendant vers l'identité des écarts relatifs associés aux trois dernières cohortes.

TABLEAU 3

Résultats de projection en France à l'horizon 2010.

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Pourcentage de ménages motorisés							
Calculé	69,8	73,1	75,7	77,6	79,0	79,7	80,0
Observé	68,6	73,2	75,2				
Pourcentage de ménages multi-motorisés							
Calculé	17,9	20,7	24,2	27,5	30,9	33,9	36,5
Observé	17,4	21,1	24,9				
Nombre de voitures par adulte							
Calculé	0,448	0,493	0,533	0,568	0,599	0,625	0,647
Observé	0,439	0,493	0,532				
Nombre d'adultes par ménage							
Calculé	1,977	1,954	1,934	1,915	1,895	1,868	1,837
Observé	1,978	1,953	1,931				
Parc (en milliers de véhicules particuliers)							
Calculé	16 860	19 650	22 180	24 770	27 020	28 860	30 370
Observé	16 500	19 350	21 450				
Population (en milliers)							
Ménages	19 030	20 400	21 510	22 750	23 800	24 720	25 550
Adultes	37 640	39 850	41 600	43 580	45 110	46 190	46 930

Source : [Gallez, 1994] d'après les données des enquêtes de conjoncture de l'INSEE (1977-1991).



rétrospectives et des valeurs observées d'après les enquêtes de conjoncture montre que le modèle AC restitue bien les principales évolutions passées. En projection, quelques traits marquants apparaissent.

- **Le ralentissement de la croissance du taux d'équipement souligne l'approche progressive de la saturation :** la trajectoire de la dernière génération observée (1965-1969) se trouve en retrait par rapport aux précédentes ; ce rebroussement significatif, portant sur des comportements peu stabilisés, pourrait être interprété comme l'impact du chômage ou des difficultés d'émancipation des jeunes (au même âge, les dernières générations connaissent une baisse relative de leur pouvoir d'achat par rapport aux précédentes). En projection, nous avons opté pour le maintien de ce rebroussement, tout en adoptant pour les générations futures un écart relatif identique à la cohorte 1965-1969. L'effet de ce rebroussement est sensible : selon ces hypothèses, le taux de ménages non motorisés atteint encore 20 % en 2010.

- **L'essor de la seconde voiture devrait contribuer de plus en plus à la croissance du parc automobile :** le modèle, calibré sur l'extrapolation du nombre de ménages à deux adultes ou plus <sup>(3)</sup>, sous-estime légèrement les taux observés. La dynamique du multi-équipement joue un rôle essentiel dans la déformation de la structure du parc automobile à disposition des ménages.

- **En vingt ans, entre 1990 et 2010, le parc automobile devrait s'accroître de près de 37 %, passant de 22,2 à 30,4 millions de voitures particulières :** cette croissance, importante en valeur absolue, est cependant en net retrait par rapport aux décennies précédentes (elle fut de près de 100 % entre 1970 et 1990).

- **La forte augmentation du taux de motorisation individuelle, qui serait due pour une grande part à la poursuite du développement du multi-équipement, montre que le seuil de saturation est encore loin d'être atteint :** de 1980 à 1990, le nombre moyen de voitures par adulte a augmenté de 19 % ; il devrait continuer de croître de 12 % entre 1990 et 2000, et de 8 % environ entre 2000 et 2010.

(3) La population susceptible d'être multi-équipée a été limitée aux ménages comportant au moins deux adultes, afin de tenir compte de la diminution du taux de multi-équipement en fin de cycle de vie, liée à l'augmentation du nombre de personnes seules.

## Diffusion et revenu dans le modèle démographique

Nous en arrivons, dans cette dernière section, au problème de l'intégration du revenu et des prix dans un cadre d'analyse qui reste pour le moment essentiellement descriptif. Afin de tester l'existence d'un impact tendanciel du contexte économique courant sur l'évolution du taux de motorisation individuelle, nous avons commencé par ajouter une dimension à notre formalisation initiale : celle de la période d'observation.

Les résultats issus de l'estimation d'un modèle Âge-Période-Cohorte nous ont ensuite conduit à remplacer les indicatrices temporelles par des variables explicatives plus explicites, décrivant l'évolution du revenu et du coût réel de motorisation.

### Estimation d'un modèle Âge-Période-Cohorte (APC)

Le modèle APC a été estimé sur la base de la spécification retenue pour le modèle AC, en ajoutant seize indicatrices temporelles, correspondant aux années d'observation 1977 à 1992.

En comparant les résultats obtenus à ceux du modèle AC [Gallez, 1994], nous avons mis en évidence les caractéristiques suivantes :

- les performances des deux modèles sont comparables sur la période d'estimation, ce qui confirme la pertinence de la décomposition additive,

- les écarts de génération estimés à partir du modèle APC sont sensiblement inférieurs à ceux qui sont issus du modèle AC ; une part non négligeable des différences de comportements attribuées par la décomposition Âge-Cohorte aux effets de génération semble due, selon la décomposition Âge-Période-Cohorte, à un effet de période,

- les effets de période se révèlent sous forme d'une tendance croissante, présentant un changement de pente positif en 1985, année du contrechoc

pétrolier.

Il semble vraisemblable d'interpréter ces effets de période tendanciels comme l'impact global de la croissance des revenus réels : au même âge, les ménages d'une génération quelconque (hormis peut-être les dernières) sont plus riches en moyenne, donc plus motorisés, que leurs aînés.

Afin de valider statistiquement cette hypothèse, nous avons effectué un test d'homogénéité des coefficients de période en décomposant la population en deux sous-groupes :

- la population P1 est constituée par les ménages dont la personne de référence est née avant 1935 ; elle regroupe, sur la période 1977-1991, dix générations quinquennales (1887-1894 à 1930-1934) et onze classes d'âge (35-39 ans à 85-90 ans),

- la population P2 comprend les ménages dont le chef est né après 1935 ; elle regroupe sept générations (1935-1939 à 1965-1969) et neuf classes d'âge (18-19 ans à 55-59 ans).

Nous avons estimé un modèle APC en distinguant les effets de période spécifiques à chacune des deux sous-populations. Le modèle s'écrit :

$$\pi_{a,p} = \alpha_a + \gamma_k + \beta_p^1 + \beta_p^2 + \varepsilon_{a,p}$$

où  $\beta^1$  et  $\beta^2$  représentent respectivement les effets de période associés aux populations P1 et P2,  $\alpha_a$  et  $\gamma_k$  représentant comme précédemment les effets dus à l'âge et à la génération,  $\varepsilon_{a,p}$  étant un terme d'erreur.

Les effets de période obtenus pour les deux groupes de générations sont très proches, et non significativement différents pour neuf d'entre eux, comme le montre la mise en œuvre d'un test d'homogénéité [Gallez, 1994].

### Introduction des facteurs économiques

Ayant jugé satisfaisante l'hypothèse de stabilité des effets de période, nous avons remplacé les indicatrices temporelles par des fac-

teurs décrivant plus explicitement le contexte économique courant. Deux spécifications ont ainsi été estimées.

• **Un modèle dit ACECO** introduit le revenu sous forme de l'indice annuel de consommation totale des ménages (comptabilité nationale) et les prix sous forme de l'indice annuel du budget automobile moyen [CCFA, 1992], prenant en compte les dépenses d'acquisition, d'entretien et d'utilisation d'un véhicule moyen. Si  $Y_p$  désigne l'indice de consommation des ménages et  $C_p$  l'indice de coût généralisé, mesurés à la date  $p$ , le modèle ACECO s'écrit donc :

$$\pi_{a,p} = \alpha_a + \gamma_k + a \cdot \text{Log } Y_p + b \cdot \text{Log } C_p + \varepsilon_{a,p}$$

• **Un modèle dit ACRI** introduit le revenu sous forme semi-agrégée, à partir de l'information disponible dans les enquêtes de conjoncture auprès des ménages (4). En notant  $y_{a,p}$  le revenu moyen des ménages dont le chef appartient à la tranche d'âge  $a$  en  $p$ , on écrit :

$$\pi_{a,p} = \alpha_a + \gamma_k + a \cdot \text{Log } y_{a,p} + \varepsilon_{a,p}$$

Dans les deux modèles,  $\alpha_a$  et  $\gamma_k$  représentent comme précédemment les effets dus à l'âge et à la génération,  $\varepsilon_{a,p}$  étant un terme d'erreur.

### Résultats du modèle ACECO

Sur la période 1977-1991, l'estimation du modèle, intégrant les indices agrégés du revenu  $\bar{Y}_p$  et de la dépense de motorisation moyenne  $\bar{C}_p$  aboutit aux résultats suivants :

$$\hat{\pi}_{a,p} = \hat{\alpha}_a + \hat{\gamma}_k + 0,285 \cdot \text{Log } \bar{Y}_p - 0,080 \cdot \text{Log } \bar{C}_p$$

(0,006)                      (0,013)

$$R^2 = 0,961$$

où les écarts types des paramètres estimés figurent entre parenthèses.

Les résultats issus du modèle ACECO sont très proches de ceux qui ont été obtenus à partir du modèle APC. Ce résultat n'est pas très surprenant, et ne peut être considéré comme une preuve statistique, dans la mesure où l'évolution de la consommation totale des ménages est caractérisée par une tendance très marquée sur l'ensemble de la période.

Afin de tester la sensibilité des projections de motorisation individuelle à l'évolution des facteurs économiques, nous avons comparé les résultats issus de trois scénarios contrastés (tableau 4) :

– le scénario BAS repose sur une croissance nulle de la consommation des ménages, et une augmentation assez sensible des dépenses de motorisation (+ 0,3 %/an),

– le scénario MOYEN suppose quant à lui une croissance linéaire modérée de la consommation des ménages (+ 0,025 point/an), obtenue en extrapolant la tendance observée au cours des cinq dernières années, et une faible augmentation du coût de motorisation (+ 0,1 %/an),

– le scénario HAUT, enfin, repose sur une forte croissance linéaire de la consommation des ménages (+ 0,05 point/an).

Sur la période d'observation, les évolutions sont assez bien restituées, mais les résultats sont un peu moins précis que ceux du modèle APC. Deux raisons peuvent être avancées pour expliquer ces différences.

Le fait de considérer les effets de période comme identiques pour toutes les générations constitue une première approximation qui, si faible soit-elle, force la croissance à être plus tendancielle ; de sorte que le chiffre de 0,488 voiture par adulte en 1985 est légèrement inférieur au chiffre observé (0,493), alors que la valeur estimée pour 1990 (0,540) est un peu plus élevée (0,532).

Par ailleurs, les effets prix estimés par le modèle ACECO sont assez frustes, car ils reposent sur l'estimation d'un coût global de motorisation, nécessairement discutable.

En projection, les divergences des estimations obtenues à partir des trois scénarios contrastés soulignent l'importance de l'impact tendanciel des facteurs économiques dans la croissance

du parc automobile. Les valeurs quantitatives doivent être cependant interprétées avec prudence, en raison des problèmes de multi-colinéarité dans les modèles de type APC, dont les trois dimensions peuvent être plus ou moins fortement corrélées.

### Résultats du modèle ACRI

En raison des ruptures possibles liées aux changements épisodiques de la nomenclature en tranches, il est pour le moins difficile de juger de la fiabilité de l'information sur le revenu individuel décrite dans les enquêtes de conjoncture auprès des ménages ; néanmoins, la figure 3 montre que certaines grandes tendances, comme la revalorisation des retraites, sont bien restituées.

Le modèle ACRI, intégrant le revenu agrégé moyen  $\bar{y}_{a,p}$  estimé sur la période 1977-1992, aboutit aux résultats suivants :

$$\hat{\pi}_{a,p} = \hat{\alpha}_a + \hat{\gamma}_k + 0,203 \cdot \text{Log } \bar{y}_{a,p}$$

(0,003)

$$R^2 = 0,906$$

À partir de l'effet revenu à estimé, nous avons reconstitué l'évolution de l'élasticité de la motorisation au revenu en fonction de l'âge et de la génération du chef de ménage. Chacune des élasticités  $e_{a,p}$  a été estimée au point moyen de la tranche d'âge et de la période de naissance :

$$e_{a,p} = \frac{\delta \pi_{a,p}}{\delta y_{a,p}} = \frac{\delta \text{Log } y_{a,p}}{\pi_{a,p}} = \frac{\hat{a}}{\pi_{a,p}}$$

(4) Le revenu des ménages est décrit en une dizaine de tranches, dont la définition a été révisée quatre fois en vingt ans.

TABEAU 4

Résultats de simulation du modèle ACECO.

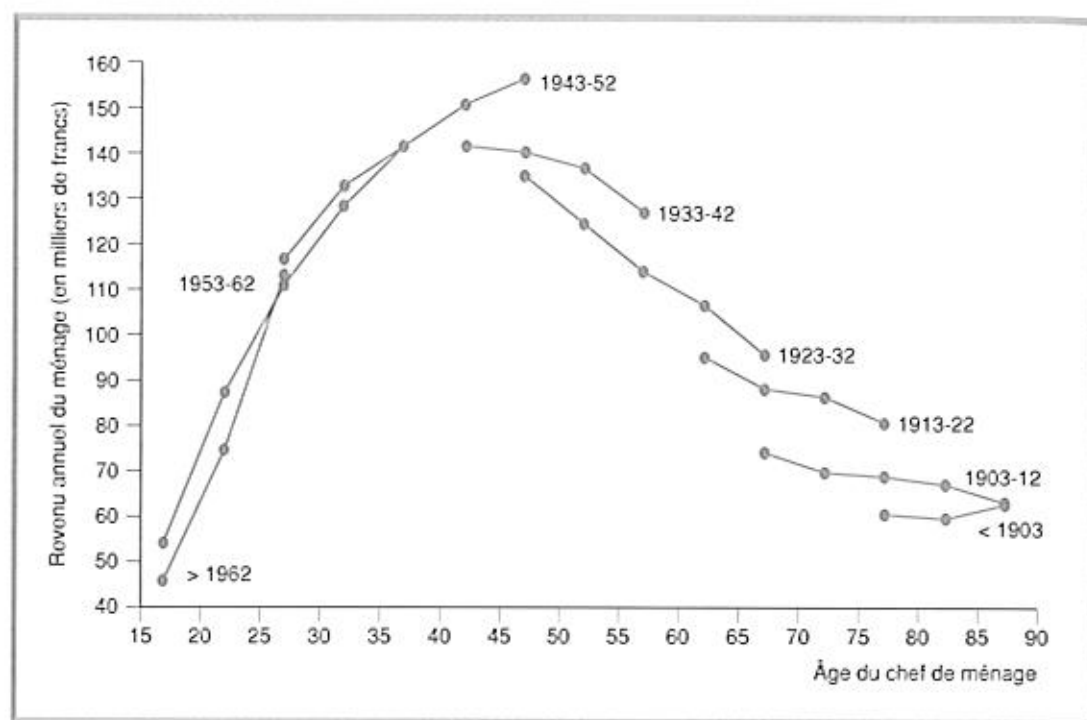
Scénario	Nombre de véhicules particuliers par adulte			Parc des ménages (en milliers de véhicules particuliers)		
	BAS	MOYEN	HAUT	BAS	MOYEN	HAUT
1980		0,446			14 330	
1985		0,488			16 770	
1990		0,540			19 450	
1995	0,570	0,579	0,591	24 840	25 230	25 760
2000	0,572	0,607	0,640	25 780	27 360	28 850
2005	0,569	0,627	0,677	26 300	29 980	31 290
2010	0,564	0,645	0,708	26 460	30 260	33 220

Source : [Gallez, 1994] d'après les données des enquêtes de conjoncture de l'INSEE (1977-1991).

FIGURE 3

Évolution du revenu moyen annuel des ménages au cours du cycle de vie pour des générations successives.

Source : [Gallez, 1994] d'après les données des enquêtes de conjoncture de l'INSEE (1977-1991).



Le profil des élasticités, reporté sur la figure 4, met en évidence les points suivants :

- les élasticités de la motorisation au revenu varient en fonction de l'âge de la personne de référence : à mesure que l'on avance dans le cycle de vie, les besoins de mobilité deviennent plus faibles, et l'effet relatif du revenu tend à augmenter ; la valeur de l'élasticité est en revanche beaucoup plus faible en milieu de cycle, au moment où les besoins de mobilité liés à l'activité professionnelle sont les plus élevés,

- il existe des écarts importants entre les effets relatifs du revenu sur la motorisation mesurés au même âge pour les générations anciennes : ces écarts rendent probablement compte de l'impact de la diffusion, qui s'est traduite par la diminution progressive des seuils d'accessibilité à la voiture particulière, à mesure que son usage se banalisait,

- les comportements des générations dont le chef est né après les années trente sont en revanche beaucoup plus homogènes : les différences de niveau de motorisation observées, au même âge, pour ces cohortes (figure 2) seraient donc attribuables pour l'essentiel à l'amélioration des niveaux de vie.

### Quelques éléments de synthèse

Ce paragraphe tente de tirer quelques conclusions préliminaires de

l'introduction des facteurs économiques dans le modèle démographique.

### ■ La diminution de l'élasticité transversale de la motorisation au revenu

Il est courant de constater que la valeur de l'élasticité de la motorisation au revenu, calculée en coupe instantanée, tend à diminuer au cours du temps. Ce phénomène trouve une interprétation économique plausible dans la modification des préférences individuelles à l'égard de l'automobile, qui est passée en quelques décennies d'un statut proche du bien de luxe à celui d'un produit de grande (voire de première) nécessité.

Les modèles désagrégés, traditionnellement utilisés pour la prévision des taux d'équipement et de motorisation individuelle (cf. [Train, 1990]), prennent en compte l'instabilité des effets revenus, au moyen de l'introduction d'une tendance temporelle ; on notera toutefois que cette méthode ne permet pas d'anticiper l'atténuation graduelle des effets de la diffusion.

Dans l'approche démographique, la diminution de l'élasticité transversale au revenu s'explique par la **disparition des générations anciennes**, qui n'ont eu qu'un accès limité à l'automobile.

La portée de ce résultat dépasse le contexte de l'analyse des comporte-

ments automobiles : il questionne la validité de la proposition couramment admise, selon laquelle **les élasticités calculées en coupe instantanée seraient représentatives des effets stabilisés de longue période**. Cette interprétation, qui repose sur un postulat d'*homogénéité dynamique* des comportements, néglige l'effet du processus de diffusion, susceptible de se manifester tant que les générations anciennes n'auront pas été remplacées.

### ■ Comparaison des modèles ACECO et ACRI

Dans un modèle de type APC, il existe une relation plus ou moins marquée entre âge, génération et période d'observation : si l'unité de temps retenue pour mesurer ces différents facteurs est identique, ce lien peut être mécanique (par exemple, l'âge est égal à la différence entre l'année d'observation et l'année de naissance). Cette corrélation entraîne des problèmes de multi-colinéarité, partiellement résolus par le choix d'une unité temporelle différente pour les trois variables, ou le remplacement de la période d'observation par d'autres variables caractéristiques du contexte courant.

Il est probable qu'une corrélation, même faible, subsiste entre les facteurs d'analyse, de sorte qu'il est relativement difficile de comparer les résultats issus des modèles ACECO et ACRI. Par



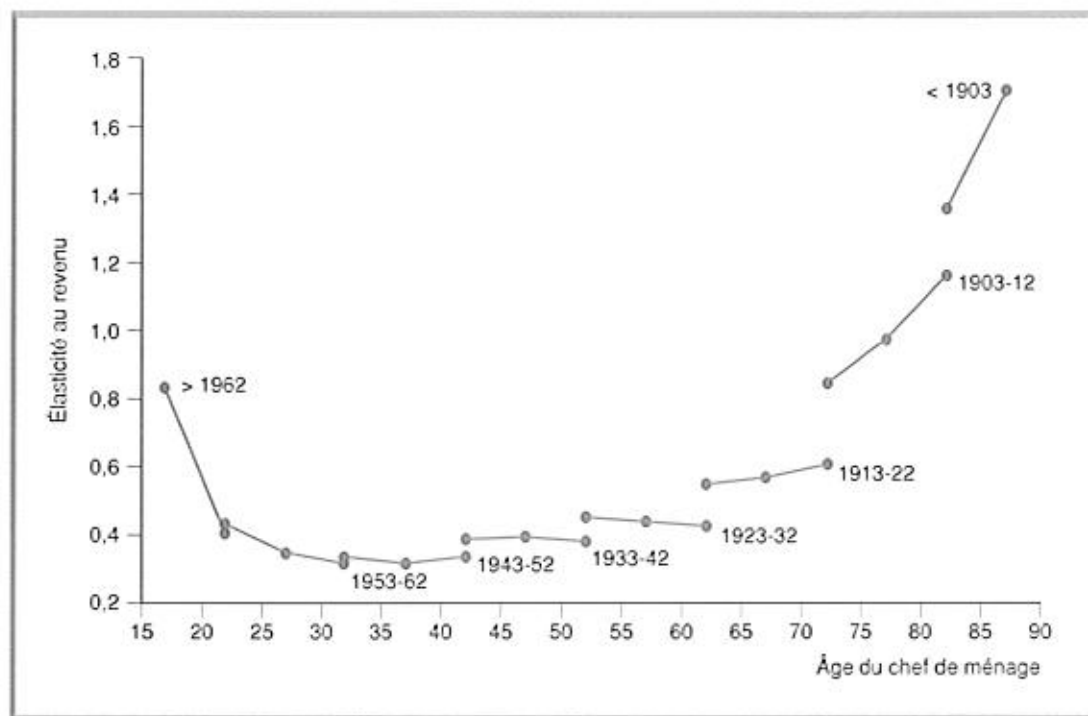


FIGURE 4

Évolution des élasticités de la motorisation individuelle au revenu au cours du cycle de vie pour des générations successives.

Source : [Galiez, 1994] d'après les données des enquêtes de conjoncture de l'INSEE (1977-1991).

ailleurs, nous avons souligné l'incertitude relative de l'information sur les revenus individuels reconstituée à partir des enquêtes de conjoncture auprès des ménages.

Au-delà de ces arguments purement statistiques, il semble important d'apprécier les résultats en différenciant les élasticités selon la nature des effets évalués : dans le modèle ACRI, le coefficient estimé correspond à un *effet pur* du revenu, tenant compte du positionnement relatif des individus dans l'échelle sociale ; dans le modèle ACECO en revanche, l'effet revenu est assimilable à un impact macro-économique global, difficilement dissociable, du fait de la nature fortement tendancielle de la croissance de la consommation des ménages, des évolutions structurelles (comme la généralisation du travail des femmes ou la péri-urbanisation) qui ont accompagné le développement de la voiture particulière.

Nous terminerons ces remarques en soulignant un point essentiel : d'un point de vue dynamique, les spécifications ACECO et ACRI, qui reposent sur une décomposition additive de type APC, sont strictement comparables ; en ce sens, même si les élasticités diffèrent en niveau, l'évolution des effets revenu — telle que la décrit la figure 4 — est analogue dans les deux modèles, et constitue de ce fait un résultat beaucoup plus sûrement interprétable.

## Conclusion

Nous avons présenté dans cet article quelques uns des résultats obtenus à partir de l'application d'une nouvelle approche pour la projection à long terme des taux d'équipement et de motorisation des ménages.

Cette approche, fondée sur l'analyse longitudinale des comportements, présente plusieurs avantages.

### ■ Elle évite le recours à une forme fonctionnelle prédéfinie

La plupart des modèles existant en matière de projection à long terme du parc automobile utilisent des formes fonctionnelles prédéfinies, et un taux de saturation fixé a priori, dont le choix contraint fortement les estimations. L'analyse longitudinale, qui souligne l'absence d'homogénéité dynamique des comportements, permet de mettre en évidence des phénomènes tels que le rebroussement des trajectoires d'équipement des jeunes générations et d'endogénéiser l'approche progressive de la saturation.

### ■ Elle concilie les effets des facteurs économiques et démographiques

L'impact de l'élévation progressive des niveaux de vie sur l'essor de la voiture particulière en France est ainsi différencié en fonction de la position dans le cycle de vie et de la génération du chef de ménage, qui expliquent l'essentiel des disparités des comportements de motorisation. La prise en compte de ces différences à partir d'un jeu de constantes spécifiques, qui permet de constituer des cohortes homogènes au cours du temps, relève du même principe que les développements récents sur l'économétrie des pseudo-panels (cf. [Gardes et al., 1993], [Deaton, 1985]).

### ■ Elle utilise une base de projection relativement fiable à long terme

Au contraire des modèles économétriques traditionnels, centrés sur les effets des facteurs économiques, cette nouvelle approche utilise une base de projection démographique, par nature

plus fiable que les prévisions à long terme du revenu et des prix.

Les principales limites de l'approche démographique tiennent sans conteste à son caractère semi-agrégé, qui ne nous permet pas de tenir compte de l'ensemble des facteurs susceptibles d'agir comme des leviers d'action de la politique de transport. En particulier, les réglementa-

tions qui pourraient être définies au cours des prochaines années en matière de pollution atmosphérique, de sécurité ou de congestion, devraient peser fortement sur l'avenir de l'automobile. Il serait donc souhaitable d'intégrer de manière plus explicite les effets prix dans le modèle, en différenciant les coûts d'acquisition, d'entretien et d'usage des véhicules.

## BIBLIOGRAPHIE

CCFA - L'industrie automobile en France en 1991, 1992.

Deaton A. - Panel data from time series of cross-sections, *Journal of Econometrics*, vol. 30, p. 109-126, 1985.

Fine J., Fotso S. - Contribution à l'étude du modèle âge-période-cohorte, *Revue de Statistique Appliquée*, vol. XXXV, n° 3, p. 39-56, 1989.

Gallez C. - Modèles de projection à long terme de la structure du parc et du marché de l'automobile, *Thèse de doctorat en sciences économiques*, Université de Paris I, 1994.

Gardes F., Goaled M., Langlois S. - Cross-section versus time-series income elasticities: an estimation on a pseudo-panel of Canadian surveys (1982-1990), *Communication au huitième congrès de l'Association européenne d'économie*, Helsinki, Finlande, 27-28 août 1993.

Jansson J.O. - Car demand modelling and forecasting. A new approach, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. XXIII, n° 2, p. 125-140, 1989.

Kessler D., Masson A. - Petit guide pour décomposer un phénomène en termes d'effets d'âge, de cohorte et de moment. In Kessler D., Masson A. (sous la direction de) : *Cycles de vie et générations*, Economica éd., Paris, 1985.

Levy M.-L. - Spécificité de la démographie : l'analyse longitudinale, *Populations et Sociétés*, n° 284, novembre 1993.

Louvet C. - Le nombre de ménages augmentera de moins en moins vite. Une projection à l'horizon 2020, *Économie et Statistique*, n° 267, p. 31-47, 1994.

Madre J.-L. - Projection du trafic automobile sur les routes nationales et les autoroutes françaises, *Actes de la cinquième conférence mondiale sur la recherche dans les transports*, Yokohama, Japon, 1989.

Masson A., Strauss-Kahn D. - Le temps dans l'analyse des phénomènes économiques : processus stochastiques et interprétation des données synchroniques, *Annales de l'INSEE*, n° 29, p. 63-113, 1978.

Michal M.-G. - Les femmes jeunes travaillent de plus en plus fréquemment, *Économie et Statistique*, n° 51, 1973.

Train K. - *Qualitative choice analysis. Theory, econometrics, and an application to automobile demand*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1990.

## Résumé

Cet article présente une nouvelle méthode de projection à long terme de l'équipement des ménages et du parc automobile, fondée sur le suivi du comportement de générations successives au cours du cycle de vie. L'ambition de cette analyse longitudinale est double : il s'agit tout d'abord d'identifier le mécanisme de diffusion de la voiture particulière, en évitant de contraindre les projections par le choix d'un taux de saturation fixé a priori ; par ailleurs, cette approche vise à estimer les effets de long terme du revenu et des prix, dans un contexte marqué par une dépendance croissante à l'égard de l'automobile. Après avoir défini les enjeux méthodologiques et la formalisation du modèle, nous commenterons les résultats obtenus dans le cadre d'une étude prospective des comportements d'équipement et du parc automobile en France à l'horizon 2010.

## Abstract

This paper presents a new method for long term projection of household vehicle ownership and the vehicle fleet, based on the behaviour of successive generations throughout their life cycles. This longitudinal analysis seeks to achieve two things. Firstly, it attempts to identify the mechanism by which the passenger car spreads without using a previously selected level of saturation which restricts projections. This approach also attempts to identify the long term effects of income and price within a context of increasing dependence on the motor car. After a description of the issues associated with methodology and the formalization of the model, the author discusses the findings of a forward study of behaviours as regards vehicle ownership and the vehicle fleet in France for the year 2010.